

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-129216  
 (43)Date of publication of application : 08.05.2003

(51)Int.Cl. C23C 8/38  
 B23H 1/04  
 B23H 1/08  
 B23H 9/00  
 C23C 26/00

(21)Application number : 2001-324425

(71)Applicant : SODICK CO LTD  
 KUNIEDA MASANORI

(22)Date of filing : 23.10.2001

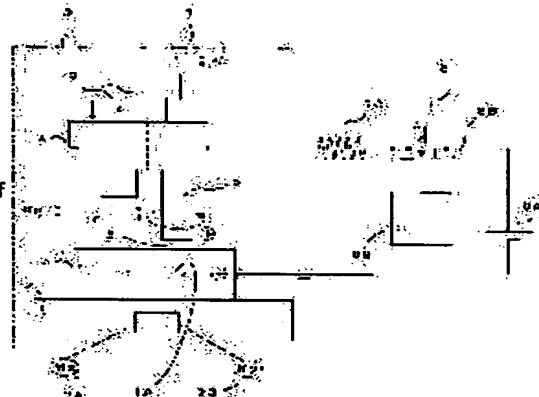
(72)Inventor : KUNIEDA MASANORI  
 MIYOSHI YUKINORI

## (54) PROCESS FOR NITRIDING SURFACE OF STEEL MATERIAL

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable easy nitriding of the surface of a steel material in a clean environment within a short time and enable even local treatment.

SOLUTION: An electrode of a processing tool and an electrode of a substrate are positioned oppositely to each other via a fine processing gap. Voltage pulses intermitted by rest periods are applied between the electrodes to generate repetitive voltage pulses for modifying the surface layer of the substrate. Here, the substrate is the steel material. While compulsorily jetting out and circulating a high-pressure nitrogen gas within the fine processing gap, voltage pulses are applied in a reverse polarity situation, with the electrode of the processing tool being plus (+) and the electrode of the substrate being minus (-). A predetermined target region of the steel material is scanned by the electrode of the processing tool and processed by the resulting discharge pulses generated.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 03.09.2004  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection] 25.10.2005  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number]  
 [Date of registration]  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-129216  
(P2003-129216A)

(43)公開日 平成15年5月8日 (2003.5.8)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
C 23 C 8/38  
B 23 H 1/04  
1/08  
9/00  
C 23 C 26/00

識別記号

F I  
C 23 C 8/38  
B 23 H 1/04  
1/08  
9/00  
C 23 C 26/00

テマコード(参考)  
3 C 0 5 9  
A 4 K 0 2 8  
4 K 0 4 4  
A  
D

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全9頁)

(21)出願番号 特願2001-324425(P2001-324425)

(22)出願日 平成13年10月23日 (2001.10.23)

(71)出願人 000132725  
株式会社ソディック  
神奈川県横浜市都筑区仲町台3丁目12番1号  
(71)出願人 59105/223  
国枝 正典  
東京都府中市幸町2-40 B402  
(72)発明者 国枝 正典  
東京都府中市幸町2-40 B402  
(72)発明者 三好 幸徳  
東京都小金井市中町1-10-23岸田ハウス204

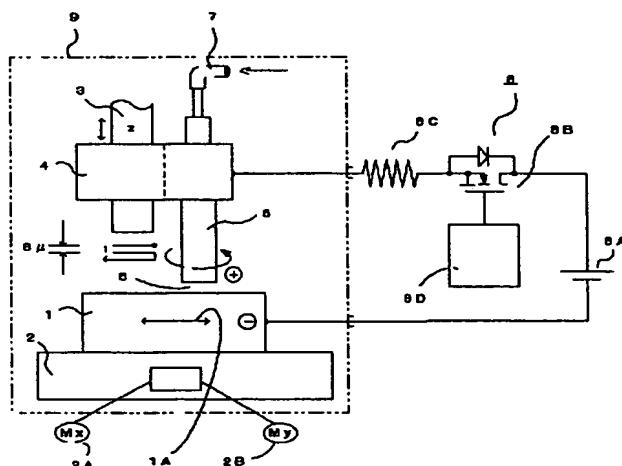
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 鋼材表面の空化処理方法

(57)【要約】

【課題】 鋼材表面の空化処理を簡便に、クリーンな環境で、短時間で行え、局部処理も可能とする。

【解決手段】 处理工具電極と被処理体電極とを微細な処理間隙を介して相対向させ、両者間に休止時間を置いた間歇的な電圧パルスを印加し、繰り返し発生する電圧パルスより被処理体の表面層を改質する方法において、前記被処理体を鋼材、前記微細な処理間隙に圧力窒素ガスを強制的に噴出流通せしめた状態で、前記電圧パルスの印加極性を、処理工具電極をプラス(+)、被処理体電極をマイナス(-)とする逆極性として被処理鋼材の所要被処理領域を処理工具電極でスキャニングさせつつ前記放電パルスを発生させて処理する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 处理工具電極と被処理体電極とを微細な処理間隙を介して相対向させ、両者間に休止時間を置いた間歇的な電圧パルスを印加し、繰り返し発生する放電パルスより被処理体の表面層を改質する方法において、前記被処理体を鋼材、前記微細な処理間隙に圧力窒素ガスを強制的に噴出流通せしめた状態で、被処理鋼材の所要被処理領域を処理工具電極でスキャニングさせつつ前記放電パルスを発生させて処理することを特徴とする鋼材表面の窒化処理方法。

【請求項2】 前記電圧パルスの印加極性を、処理工具電極をプラス(+)、被処理体電極をマイナス(-)とする逆極性として放電パルスを生ぜしめることを特徴とする請求項1に記載の鋼材表面の窒化処理方法。

【請求項3】 前記処理工具電極による被処理領域の重複スキャニングの際に、工具電極を微小距離被処理体表面に近づけて先端消耗を補償することを特徴とする請求項1、または2に記載の鋼材表面の窒化処理方法

【請求項4】 前記処理工具電極が筒体であって、回転が付与される回転電極であり、圧力窒素ガスを処理間隙に噴出することを特徴とする請求項1、2、または3に記載の鋼材表面の窒化処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、炭素含有量が0.2~1.5%C程度の炭素または合金工具鋼や軸受鋼等の鋼材表面を改質する窒化処理方法に関し、大規模設備を要せず、簡便かつクリーンな環境の保持が可能で、局部処理等も適用可能なものである。

## 【0002】

【従来の技術】 鋼の表面硬化処理法として窒化法は知られており、特に軟窒化法の普及により、窒化物層の特性が改善され、各種鋼製の機械部品や、熱間、冷間の工具類にも適用され、適用鋼種が広がってきており、規格化された窒化鋼が使用されてきている。前記軟窒化法であるが、ガス軟窒化とか、ガス浸炭窒化などと言われるもので、浸炭性雰囲気中にNH<sub>3</sub>を添加したガス、または尿素を分解したガスを用い、窒素Nの拡散が優先する(炭素Cの拡散が優先する温度900°C付近より)低い温度570°C付近で処理することにより行なわれるものである。これによって得られる硬化層の厚みは0.1~0.3mmであり、その最高硬さはHV1000以上になる。しかし、通常使用ガス自体が爆発性であるだけでなく、有毒のHCNが合成されることから、取り扱い、および廃ガス処理には特別の注意が必要であった。

【0003】 近年放電加工の応用として、放電加工による被加工体の表面処理の提案が種々な形でなされている。この放電加工による表面処理には、液中放電を利用するもので、加工液中や加工電極中に金属粉末を添加・混合しておき、加工液と化学反応を起させて、高硬度、高耐磨性

等の高機能膜や被覆を形成させるものである(例えば、特開平2-83, 119号公報、同8-300, 227号公報等参照)。しかし、かかる液中放電加工では、データイな廃液発生の問題や、火災発生の危険性もあるところから、加工液を使用しない気中放電加工の手法が注目されてきている。

【0004】 上記気中放電加工方法とは、加工間隙に被加工体材と化学反応をして加工を増大させる気体を高速気体流として流通させて、加工屑の除去と冷却作用をも担わせるようにしたもので、加工電圧パルスの条件によらず、工具電極の消耗が極めて少なく、鋼系の加工に前記気体として、酸素または酸素含有ガスを用いると、従来の液中加工以上の加工速度が得られると言うもので、本発明者等が先に提案したところである(例えば、特開平9-239, 622号公報参照)。

【0005】 そして、上記の如き気中放電加工方法の研究・開発をする中で、本発明者は、ガスと材料との適切な組み合わせによる表面改質の可能性を探り、次のような発表をしている。

① 1997年度精密工学会秋季大会学術講演会(平成9年10月1~3日)、講演論文集、P198、E19「気中放電加工を用いた表面改質の試み」および

② 「精密工学会誌」1998年12月号V01.64、No.12、P1735~8「気中放電加工」

これらは、純チタンの内径8mm、外径15mmのパイプ(電極)と、純チタンの板(被加工体)を用い、電極から窒素ガスを噴出させながら360rpmで回転させ、電極を表面に沿って往復移動させながら、放電パルス幅ON:20μs、休止時間OFF:30μs、電流振幅1p:10.5Aの放電を正極性(電極-)で行なわせ、純チタン材の表面にクラックや脱落が多いながら窒化チタン(TiN)を含む耐摩耗性の薄い改善層を形成させたと言うのであった。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、用途、使用量とも多い鋼材への表面改質窒化処理の現状は、前記段落【0002】で述べた通りで、改良、改善が望まれていた。よって、本発明者等は、さらに研究開発を続けた結果、用途や応用も多い鋼材表面への気中放電加工による窒化改質層の形成処理に成功したことにより本発明は提案されるもので、大規模設備を必要とせず、簡便、かつクリーンな環境の保持が可能な状態で、硬化度の高い改質層の、厚さは小さいものの、改質処理に要する時間が極めて短く、局部処理等への適用が好適な鋼材表面の改質窒化方法を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 前述の本発明の目的は、(1) 処理工具電極と被処理体電極とを微細な処理間隙を介して相対向させ、両者間に休止時間を置いた間歇的な電圧パルスを印加し、繰り返し発生する放電パルスよ

り被処理体の表面層を改質する方法において、前記被処理体を鋼材、前記微細な処理間隙に圧力窒素ガスを強制的に噴出流通せしめた状態で、被処理鋼材の所要被処理領域を処理工具電極でスキャニングさせつつ前記放電パルスを発生させて処理する鋼材表面の窒化処理方法とすることにより達成される。

【0008】また、前述の本発明の目的は、(2)前記電圧パルスの印加極性を処理工具電極をプラス(+)、被処理体電極をマイナス(−)とする逆極性として放電パルスを生ぜしめる前記(1)に記載の鋼材表面の窒化処理方法とすることにより達成される。

【0009】また、前述の本発明の目的は、(3)前記処理工具電極による被処理領域の重複スキャニングの際に、工具電極を微小距離被処理体表面に近づけて先端消耗を補償する前記(1)、または(2)に記載の鋼材表面の窒化処理方法とすることにより達成される。

【0010】また、前述の本発明の目的は、(4)前記処理工具電極が筒体であって、回転が付与される回転電極であり、圧力窒素ガスを処理間隙に噴出する前記(1)、(2)、(3)に記載の鋼材表面の窒化処理方法とすることにより達成される。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の窒化処理方法を説明するための説明図で、1は適宜の鋼材からなる被処理体電極で、駆動源の各軸モータ2A、2Bによりx y水平2軸移動のクロステーブル2上に配置され、Z軸にサーボ制御送りおよび位置決め可能なZ軸ヘッド3に、回転装置4により回転可能にして保持された筒状の処理工具電極5と微細な処理間隙6を隔てて相対向する。7は図示しない圧力ガス供給装置から、好ましくは酸素等の活性ガスを含まない窒素ガスを工具電極5先端から高速の圧力ガスとして噴出させる改質ガス供給部である。

【0012】8は、気中放電加工のパルス電源で、直流電源8A、電子開閉素子8B、および電流制限抵抗8Cと、前記電子開閉素子8Bのオンによる放電パルスの持続時間とパルス間休止時間のオフとを設定する開閉制御装置8Dとから構成され、該電源8の出力は従来の気中放電加工により、被処理体1に対し穴や凸部加工、創成加工によるキャビティ加工のような除去加工を行う場合の正極性接続とは異なり、被処理体電極1の加工消耗が多くならない放電電流振幅の設定で、かつ電圧パルスの印加極性を、処理工具電極5をプラス(+)、被処理体電極1をマイナス(−)とする所謂逆極性に接続される。

【0013】処理工具5は、図示の如く被処理体鋼材1の表面と所定の微細な処理間隙6とを保った状態で、被処理領域、図示の場合、被処理体1に矢符1Aで示した方向の矢符の長さと、該方向と直交する処理工具5の幅によって囲まれる領域で、矢符1Aの相対移動による放電加工処理を少なくとも1回以上行わせながら、所望に

より矢符1Aと直交する方向の相対移動を付加したスキヤニング処理操作を行う。この場合、使用処置工具電極5の材質、被処理体1との材質組み合わせ、または使用電極5の断面径の大きさ、および断面径の大きさに対する矢符1A相対移動の距離、および放電パルス条件によっては工具電極5が消耗して間隙6が拡大するから、かかる場合には例えば、矢符1A相対移動の毎に、電極5を数10μm以下の所謂微小長さ、Z軸ヘッド3により下降送り、または位置決めを更新しながら放電処理をするものである。

【0014】また、9は、必要に応じて設けられる密閉可能な耐圧処理槽で例えば酸素等の被処理体1と易反応性ガスの侵入、介在防止、或いはまた鋼材表面の改質窒化処理を、窒素ガスの所定高圧力雰囲気、さらには所定加熱雰囲気等とするものである。

【0015】而して、被処理体1の鋼材の表面に、上述のようにして、窒素ガス中での所謂気中放電加工を行うと、加工処理部の薄い表層部分に窒化処理が行われるのは次のような原理であるものと考えられる。前述図1の構成で、電圧印加極性を逆極性で、窒素ガスを例えば数MPa以下の所望圧力のものを高速で放電間隙6を流通させた状態で、高周波の間歇放電を行わせると、一部がイオン化し、このイオン化した窒素イオンの一部が間隙の電界により被処理体1表面に衝突し、その衝突の運動エネルギーは熱になって、被処理体1の表層を加熱すると共に、窒素イオンの一部を前記表層に注入する。

【0016】また、窒素イオンの衝突により被処理体1表面から叩き出された原子(Feなど)は、窒素イオンと結合して窒化物(FeNなど)を形成し、再び被処理体1表面に蒸着する。この窒化物は高温とイオン衝撃により速やかに低位の窒化物に分解し、被処理体1内部に窒素が拡散する。こうして、被処理体1表面に窒化による硬化層が形成される。

【0017】以下種々の実験例およびそのデータ等により本発明を説明する。

#### 共通する実験条件

処理工具電極5 C u W、外径φ1mm、内径φ0.4mm、付与回転数360rpm

被処理体電極1 窒化鋼として著名なSACM645 (JIS)の未窒化処理のものを用いた。

母材の硬度約300~400HV

使用ガス 窒素ガス(0.2~1.0MPa)

【0018】放電パルスの条件につき調べたところ、ある程度以上の大きい放電パルス(エネルギー)でないと、従来の窒化処理(約580°Cで約10時間以上)のエネルギー限界を超えないためか、硬化せず、表層膜が形成されず、放電のスキャニング処理を繰り返しても工具電極5が消耗して減るだけで、被処理体1は加工されず減らない。例えば、窒素ガスの供給圧力を0.3MPaとして、放電パルス幅15μs、放電電流振幅4Aの放電バ

ルスでは、図2に、加工断面の硬さを、放電処理面に形成される白層（再融凝固層）と地金の境界からの深さ（ $\mu\text{m}$ ）横軸、硬さ（ $\text{Hv}$ ）縦軸、に夫々プロットして示すように、スキャニング繰り返し処理の如何にかかわらず、白層の形成はなく硬化もしない。

【0019】上述共通する実験条件を固定として符合する放電パルス条件等を探ったところ、改質硬化層の形成が見られる放電パルス幅約 $200\mu\text{s}$ 、電流振幅1.6A、供給デューティファクタ50%を探知したので、次のような実験をした。被処理体の表面に対し窒素ガスを噴出するパイプ電極を水平一軸方向に $20\text{mm}$ のストロークで10回往復走査させ、各往復路毎電極消耗補償のために約 $8\mu\text{m}/\text{回} \times 10$ のZ軸送りして、上記放電パルス条件で放電スキャニング処理をした。改質ガスとして酸素（ $\text{O}_2$ ）を使用すると、図3の加工断面の硬さの図中に矢符Aで示すように、白層の形成は見られず、硬化もしない（矢符A点より地金側はさらに硬度が低く測定できない。）のに対し、窒素ガスを用いたものは、形成された白層と地金の境界からの深さ約 $10\mu\text{m}$ の厚さにわたり、硬度 $\text{Hv} 1000$ 以上の改質硬化層が形成されていた。

【0020】放電処理面の局部的な硬度分布について調べたところ、図4のA、Bに示すように、スキャニング軸の両側にあたる測点ポイントa、cと、パイプ内径の改質ガス吹き出し口が通る中央の測定ポイントbとを対比すると、前者の測定ポイントが形成白層の厚さが後者のポイントに対して著しく大きく、硬化の程度も同様になっていた。これは、パイプ電極端面が円環状であるため、加工面に対する電極端面の対向放電処理時間が、スキャニング方向と直交する径方向の位置で違っていて、例えば上記ポイントbを通過する電極端面上の長さは、aやcを通過する長さより短いことが原因しているが如くであり、全体を均一化するための簡便な対策としては、パイプ電極の肉厚を厚くするとか、断面方形のものを用いたり、または、スキャニングをその方向に交叉する方向に所要幅の揺動させながら行うようにする等のことが考えられる。

【0021】上述のように、共通の実験条件に符合する放電パルス等の条件として、放電パルス幅約 $200\mu\text{s}$ を探知したので、該放電パルスをデューティファクタ50%で供給した時の、改質硬化層の形成に適した放電電流振幅 $I_p$ について実験したところ図5の硬さ分布図、および図6の放電電流による最高硬さの特性曲線図に示すように、放電電流振幅約1.6Aで窒化による硬化層の硬さが約 $\text{Hv} 1000$ を越えた。そして、上記よりも低い電流値では、低い程硬度が低下し、逆に電流値を2.0A、2.5A、3.0Aと高くしても、硬さには変化が見られず、電流値を大きくすることにより、被処理体の加工表面が加工除去されると共に凹凸大きく粗くなり、表面処理また改質の目的にも合致しなくなるので、上記実験

条件の場合の放電電流振幅 $I_p$ の最適値は約1.6Aということになった。

【0022】図7の断面硬さの分布図は、本発明の窒化処理の硬化層を、酸素（ $\text{O}_2$ ）を使用した酸化処理と、従来形のケロシン等の加工液を用いたとき形成された加工表面と対比して示したもので、処理条件は、放電パルスの条件前述のもので、そしてスキャニングと電極の送りを、電極を $3\text{mm}$ のストロークでスキャニングさせながら、電極消耗を考慮し、Z軸方向に $8\mu\text{m}$ ずつ、総切り込み量が $200\mu\text{m}$ 達するまで加工処理したものである。結果として、窒化処理の場合、白層と地金の境界付近に、 $\text{Hv} 1000$ 以上の硬化層が確認でき、加工油使用の場合に形成される硬化層 $\text{Hv} 700$ を約1.5倍程度上回るものであることが判る。

【0023】この場合も形成される硬化層の厚さは、約 $10\mu\text{m}$ であるところから、窒素ガスの供給圧力 $0.3\text{MPa}$ を、 $0.2\text{MPa}$ 、 $0.5\text{MPa}$ 、および $1.0\text{MPa}$ に設定して処理操作を行ったが、圧力を高くしたことによる硬化層形成に対する優位性は発見できず、被処理体表面の加工除去量が増大して、表面層の改質処理としての目的にそぐわない結果になっていた。上記硬化層が、白層と地金の境界部側から地金側に形成され、その厚さは、熱影響層の深さに応じて厚くなると予想されるところ、前記熱影響層の深さは、放電パルスのパルス幅（持続時間）が長くなると増大するので、上記硬化層の厚さの増大を計り得る可能性は、なおあるものと考える。

【0024】そこで、窒化層の形成厚さを厚くする方法として、処理電極5に肉厚の厚いものを使用して窒化処理を試みた。本発明処理方法の気中放電加工では、パイプ電極の肉厚が厚いと、加工屑が処理間隙6から外部に排出されにくく、被処理体1あるいは処理電極5端面に加工屑が再付着することが知られており、加工屑が被処理体1と処理電極5端面間を往復するだけで被処理体1は殆ど除去加工されない。しかるところ、溶融した加工屑は、処理間隙6の窒素雰囲気中を飛散して再凝固するので、窒素を多く取り込んでいると考えられる。

【0025】即ち、蒸発あるいは溶融した陰極と陽極の材料が、処理間隙6を飛散中に窒化され、相手方電極面に再付着するプロセスを繰り返すことにより処理面上の再凝固層中の窒素濃度が上昇する。そしてさらに、放電による熱流束により再凝固層中の窒素が母材組織中へ拡散するものと考えられる。このようにして、加工除去を抑制しつつ硬化層の厚さを増加させた窒化処理ができるものと考えられる。

【0026】処理電極5として、前述肉厚 $0.3\text{mm}$ 、外径 $\phi 1.0\text{mm}$ の小径電極を薄肉パイプ電極、肉厚 $2\text{mm}$ 、外径 $\phi 6.0\text{mm}$ のものを肉厚パイプ電極として用い、xy平面上で半径 $0.5\text{mm}$ の揺動をさせると共にZ軸方向の消耗補償送りを与えるながら、前述段落【0

022] の放電パルス条件で気中放電加工による窒化処理を行った。なお、この実験では、陰・陽極材料が、前述のように往復して混ざり合うので、処理電極5および被処理体1とも、前述窒化鋼 (SACM 645) を用いた。結果は、図8の白層と母材組織の境界からの深さにおける硬さプロットの特性図から明らかなように、パイプ状処理電極5として肉厚の大きいものを用いることにより、窒化による硬化層のより厚いものが得られることができたが、最大硬さは低下した。

【0027】また、前述図8中に示したように、放電パルスのパルス幅を増大 (図示の場合  $200\mu s$  に対し  $4000\mu s$  に増大) させたときの熱影響の深化による窒素の母材深くまでの拡散硬化を調べたところ、パルス幅の増大により硬化層の厚みを増大させ得ること、および最高硬さも増大させ得ることが確認できた。

【0028】図9の、図8と同じく硬さをプロットした特性図は、前記肉厚パイプ電極を用いて、該電極5側をマイナス (-) の正極性とした場合と、プラス (+) の逆極性とした場合の極性効果を調べようとしたものであるが、前述のように処理電極5の肉厚が厚いと、加工屑が被処理体1と処理電極5端面間を往復し、溶融付着物を介しての、窒素の拡散による窒化処理が支配的となるために、前述極性効果が現れなくなつたものと思われる。

【0029】以上、本発明は、前述の従来形の気中放電加工で、被加工体と化学反応をする気体として窒素ガスを用いた場合には加工面に前記白層が形成されることが無かつたため、加工面の硬度を測定することが試みられることが無かつたのであるが、被加工体としてチタンを用いたとき窒化チタン (TiN) の生成が見られたのにヒントを得て鋼材に適用し、その際電圧パルスの印加極性を、気中放電加工では通常正極性であるのに対し、逆の逆極性として気中放電加工をすることにより、鋼材の加工面に白層が形成され、その硬度を測定したことから、鋼材表面の改質窒化処理方法の発明を構成するに至つたものである。そして、かかる本発明の窒化処理方法は、前述実験例以外の合金組成の窒化鋼や、炭素または合金工具鋼等の鋼材への通用が有望なものである。

### 【0030】

【発明の効果】 そして、本発明によれば、未だ研究途上

ながら、鋼材表面に対する窒化処理を、大規模設備を必要とせず、簡便、かつクリーンな環境の保持が可能な状態で、硬度の高い改質層を、厚さは小さいものの、改質処理に要する時間が極めて短く、局部処理等への適用が好適な鋼材表面の改質窒化処理方法として提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の窒化処理方法を説明するための説明図。

【図2】 実験例の加工断面硬さの特性図。

【図3】 本発明の実験例を含む加工断面硬さの特性図。

【図4】 A) 上記実験例の硬度測定ポイントの説明図。B) 同じく測定硬度の分布特性図。

【図5】 他の実験例で、異なる放電電流値における硬度分布の特性図。

【図6】 同実験例の放電電流値と硬さの特性図。

【図7】 他の実験例で、酸素、加工油を使用した場合の断面硬さ分布の比較特性図。

【図8】 他の実験例で、肉厚の異なるパイプ電極を用いた場合と、異なるパルス幅の放電パルスを用いた場合の硬さの特性図。

【図9】 他の実験例で、肉厚が大きいパイプ電極を用いた場合の、極性効果の状態を示す硬さの特性図。

#### 【符号の説明】

1 : 被処理体電極

1 A : 矢符

2 : クロステーブル

2 A, 2 B : 各軸駆動モータ

3 : Z軸ヘッド

4 : 回転装置

5 : 処理工具電極

6 : 放電 (処理) 間隙

7 : ガス供給部

8 : パルス電源

8 A : 直流電源

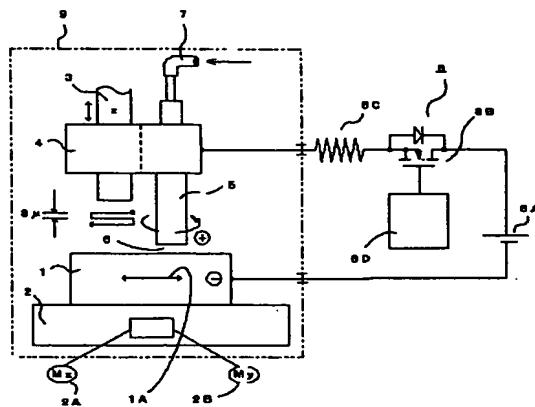
8 B : 電子開閉素子

8 C : 電流制限抵抗

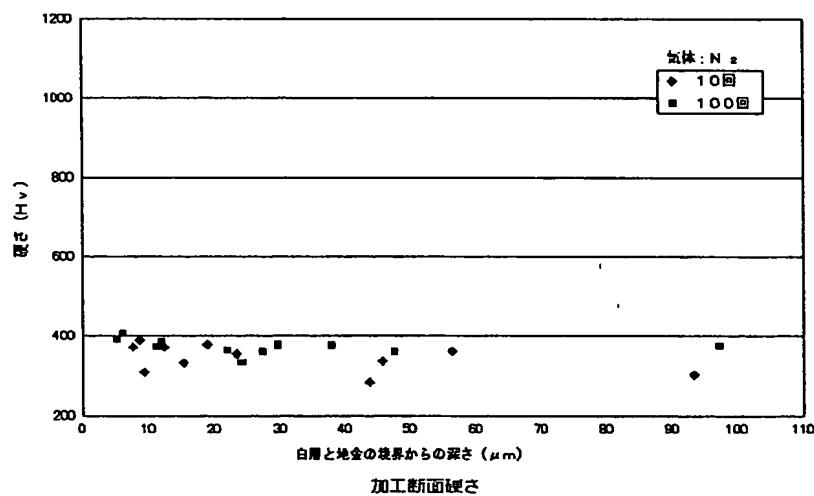
8 D : 開閉制御装置

9 : 処理層

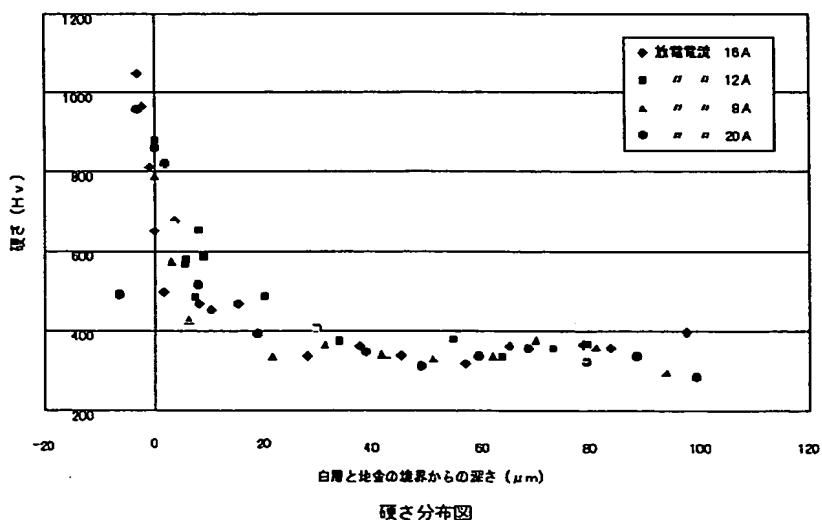
【図1】



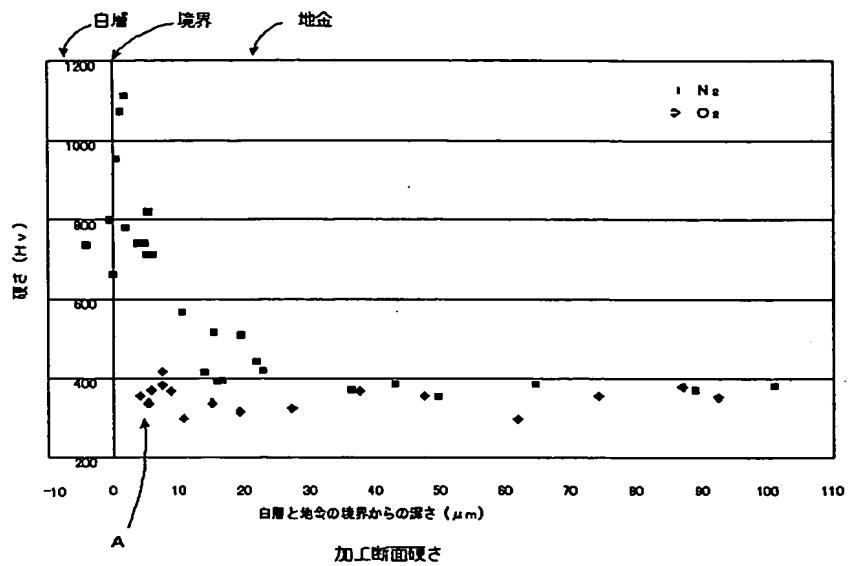
【図2】



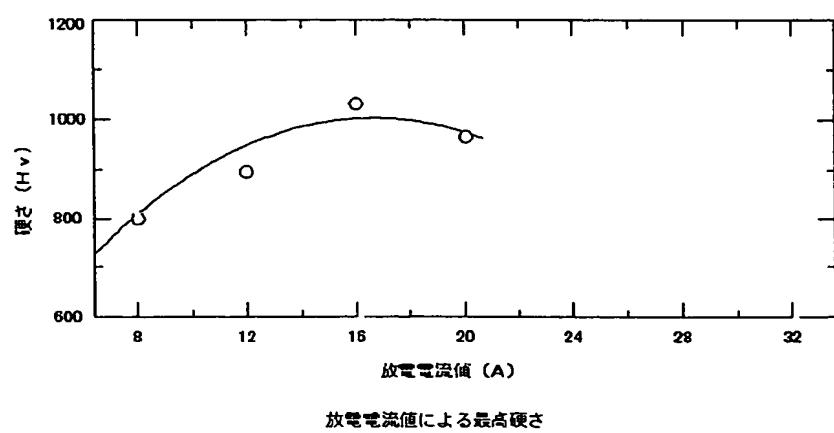
【図5】



【図3】



【図6】



【図4】

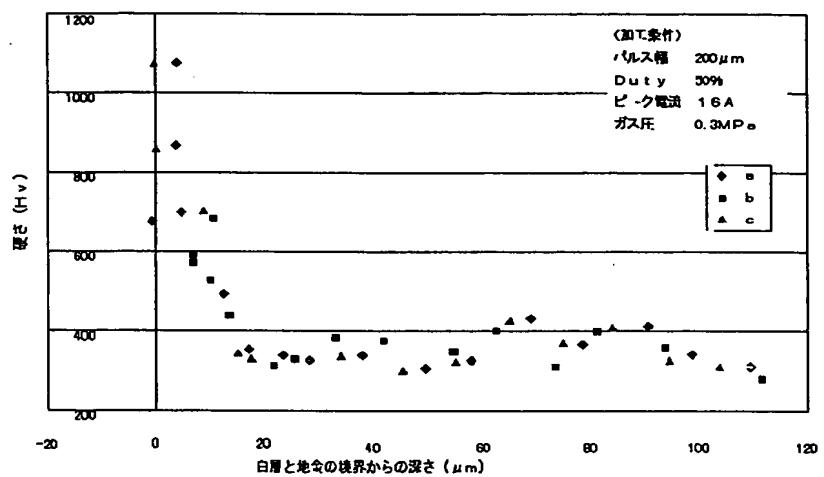
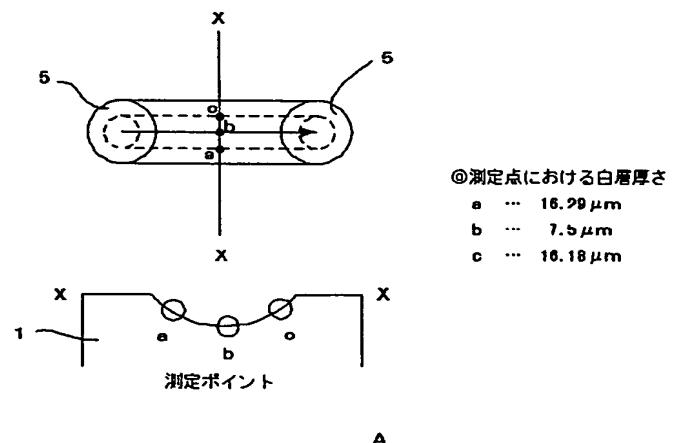
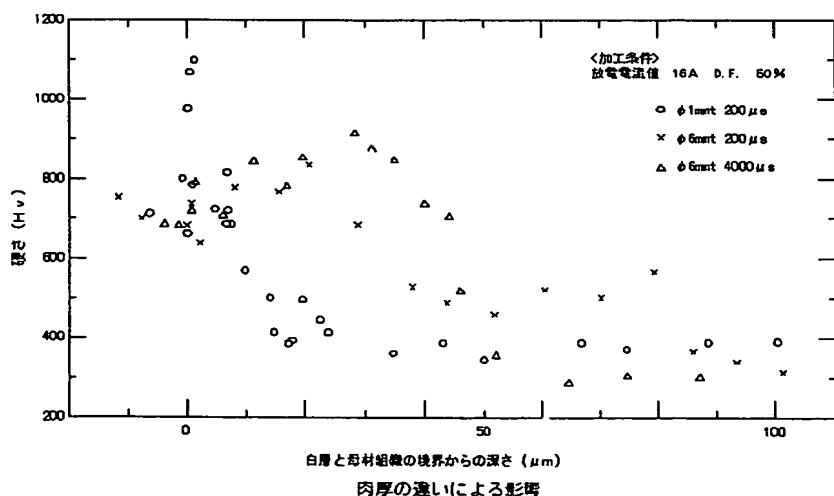
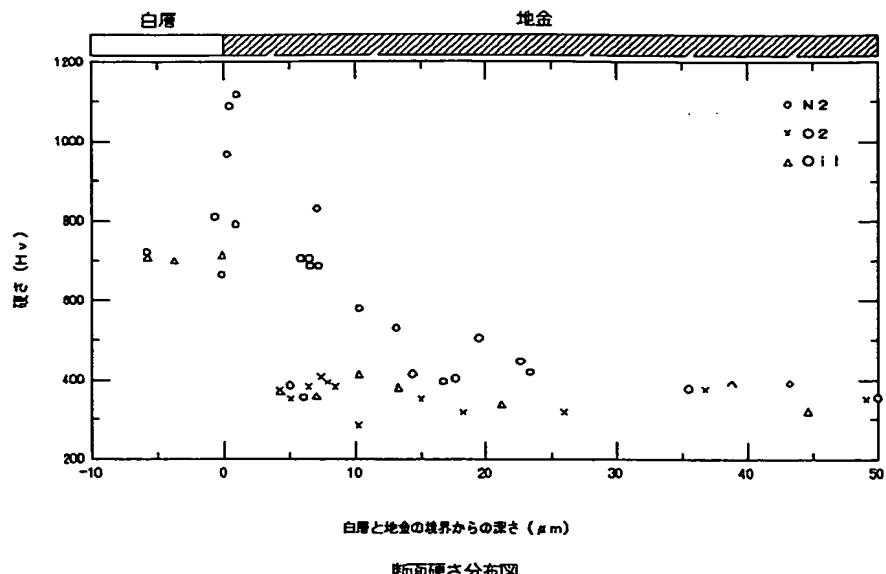


図4 硬さ分布図

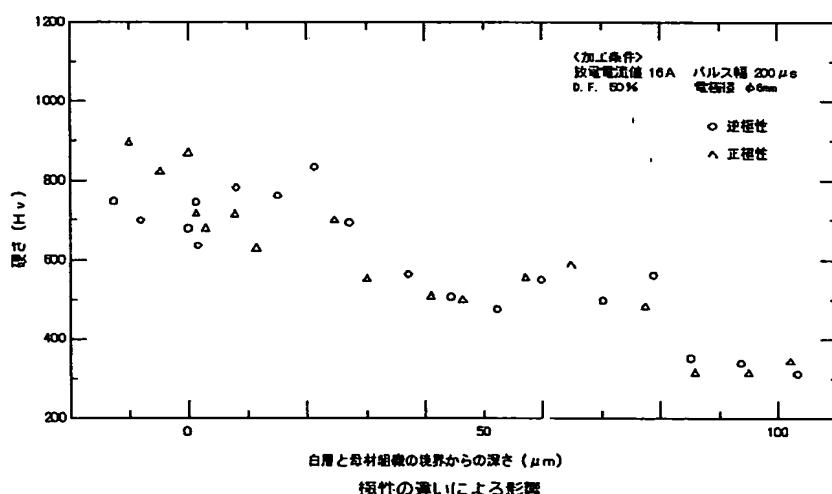
【図8】



【図7】



【図9】



フロントページの続き

F ターム(参考) 3C059 AA01 AB01 AB07 CH07 EA00  
HA00 HA03  
4K028 BA02 BA12 BA21  
4K044 AA02 BA18 BC01 BC06 CA13  
CA36 CA39 CA71